

DB63

青 海 省 地 方 标 准

DB63/T 2219—2023

桥梁薄壁高墩施工技术规范

2023-12-27 发布

2024-02-01 实施

青海省市场监督管理局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体要求 2

5 原材料 2

 5.1 钢筋 2

 5.2 水泥 2

 5.3 细集料 2

 5.4 粗集料 4

 5.5 水 5

 5.6 掺合料 6

 5.7 外加剂 6

 5.8 纤维 7

6 防裂混凝土设计 7

 6.1 一般规定 7

 6.2 混凝土抗裂要求 8

7 防裂混凝土施工 8

 7.1 拌和 8

 7.2 运输 9

 7.3 浇筑 9

 7.4 养护 10

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由青海省交通运输标准化专业技术委员会提出。

本文件由青海省交通运输厅归口。

本文件起草单位：青海省果洛公路工程建设有限公司、青海省交控建设工程集团有限公司、青海省兴利公路桥梁工程有限公司、青海省湟源公路工程建设有限公司、青海交通职业技术学院。

本文件主要起草人：王明军、赵有南、肖华、李芳芳、鸟泽明、许文、裴文彬、仲秀清、包玉财、杨成彪、董选财、解延强、李峥、李宝善、张成明、关春洁。

本文件由青海省交通运输厅监督实施。

桥梁薄壁高墩施工技术规范

1 范围

本文件规定了桥梁薄壁高墩施工技术的术语和定义、总体要求、原材料、防裂混凝土设计及防裂混凝土施工等内容。

本文件适用于桥梁薄壁高墩施工。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 175通用硅酸盐水泥
- GB 8076混凝土外加剂
- JGJ 55普通混凝土配合比设计规程
- JT/T 524公路工程水泥混凝土用纤维
- JTG/T 3310 公路工程混凝土结构耐久性设计规范
- JTG 3420公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
- JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
- JTG E42公路工程集料试验规程
- JTG F90 公路工程施工安全技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高墩

高度大于或等于40 m的桥墩。

[来源：JTG/T 3650-2020，2.0.8]

3.2

薄壁高墩

横桥向壁厚为0.6 m～1.2 m，纵桥向壁厚为0.5 m～1.5 m的高墩。

3.3

大体积混凝土

混凝土结构物实体最小尺寸不小于1 m的大体量混凝土，或预计会因混凝土中胶凝材料水化引起的温度变化和收缩而导致有害裂缝产生的混凝土。

[来源：GB 50496-2018，2.1.1]

4 总体要求

- 4.1 施工前应建立健全施工组织机构、质量、安全、环保等管理体系。
- 4.2 施工前应熟悉设计文件，核查结构设计尺寸和关键施工参数；对导线点、水准点进行复测，并对工程进行施工调查及现场核对，编制施工组织设计。
- 4.3 专项施工安全方案编制应符合 JTG F90 规定。
- 4.4 施工现场应采取封闭式管理，办公区与生活区隔离，作业危险区和作业非危险区隔离。
- 4.5 对施工中的重要分项工程或关键工序，宜实行首件工程认可制。
- 4.6 施工现场应设置防火、防尘、防噪、防污等设施，以满足安全施工及环境保护要求。
- 4.7 原材料进场后应分批进行验收、复验，并附检测报告。原材料及拌和物的质量检验、试验方法应符合 JTG E42 和 JTG 3420 规定。
- 4.8 拌和站等临建设施应根据项目规模、项目特点因地制宜进行建设。
- 4.9 施工除符合本文件第 5 章、第 6 章、第 7 章规定以外，其他要求应符合 JTG/T 3650 规定。
- 4.10 防腐、防冻应符合 JTG/T 3310 规定。
- 4.11 安全施工与环境保护应符合 JTG/T 3650、JTG F90 规定。

5 原材料

5.1 钢筋

钢筋应符合 JTG/T 3650 规定。

5.2 水泥

水泥技术指标应符合 GB 175 规定，水泥的选用应符合 JTG/T 3650 规定。

5.3 细集料

细集料除符合 JTG/T 3650 规定外，还包括但不限于：

- a) 宜采用级配良好、质地坚硬、吸水率小、颗粒洁净的河砂，缺少河砂地区可采用硬质岩石加工的机制砂；
- b) 氯盐锈蚀环境严重作用下的混凝土，不宜采用抗渗性较差的岩质（如花岗岩、砂岩等）作细集料；
- c) 砂的级配应符合表 1 规定，其它技术指标应符合表 2 规定，其分类如下：
 - 1) 按规格分可分为粗、中、细三种细度模数（如表 3 所示），
 - 2) 按用途可分为 I 类、II 类。I 类宜用于强度等级大于 C60 的混凝土；II 类宜用于强度等级在 C30~C60 或有抗冻、抗渗或其他要求的混凝土。

表1 砂的分区及级配范围

标准筛筛孔尺寸 (mm)	级配区		
	1 区	2 区	3 区
	累计筛余 (%)		
9.5	0	0	0
4.75	10~0	10~0	10~0
2.36	35~5	25~0	15~0
1.18	65~35	50~10	25~0
0.60	85~71	70~41	40~16
0.30	95~80	92~70	85~55
0.15	100~90	100~90	100~90
注1: 除4.75mm、0.6mm筛孔外, 其余各筛孔累计筛余可超出分界线, 但总量应小于5%。除4.75mm、0.6mm筛孔外, 其余各筛孔累计筛余可超出分界线, 但总量应小于5%。 注2: 人工砂中0.15mm筛孔的累计筛余: 1区可放宽到100~85, 2区可放宽到100~80, 3区可放宽到100~75。 注3: 不同等级混凝土宜优选2区砂; 1区砂宜提高砂率配制低流动性混凝土; 3区砂宜降低砂率保证混凝土强度。 注4: 高强泵送混凝土宜选用中砂, 细度模数宜为2.9~2.6。			

表2 砂(细集料)技术指标

项目		技术要求	
		I 类	II 类
有害物质限量	云母（%）	≤1.0	≤2.0
	轻物质（%）	≤1.0	≤1.0
	有机物（比色法）	合格	合格
	硫化物及硫酸盐（%）	≤0.5	≤0.5
	氯化物（%）	≤0.01	≤0.02
亚甲蓝试验	人工砂（MB 值≤1.4 或合格）石粉含量（%）	≤10	≤10
	人工砂（MB 值>1.4 或不合格）石粉含量（%）	≤1.0	≤3.0
天然砂含泥量（%）		≤1.0	≤3.0
天然砂、人工砂泥块含量（%）		0	≤1.0
坚固性（硫酸钠溶液法）质量损失值（%）		≤8	≤8
人工砂粒单级最大压碎值（%）		≤20	≤25
表观密度（kg/m ³ ）		≥2500	
松散堆积密度（kg/m ³ ）		≥1400	
空隙率（%）		≤44	
碱集料反应（%）		经碱集料反应试验后由砂制备的试件无裂封、酥裂、胶体外溢等现象，在规定的试验龄期膨胀率小于 0.10	
注1：处于干湿循环、冻融循环下的混凝土含泥量应低于1%。			
注2：硫化物及硫酸盐折合SO ₃ 质量均不宜超过胶凝材料重的0.5%。			
注3：应进行坚固性和抗冻融试验，坚固性试验结果质量损失率应小于5%。			
注4：当碱集料反应不符合表中要求时，应按有关采取抑制碱骨料反应的技术措施。			
注5：硫化物及硫酸盐含量按SO ₃ 质量计，氯化物含量以Cl ⁻ 质量计。			

表3 砂的分类

砂组	粗砂	中砂	细砂
细度模数	3.7~3.1	3.0~2.3	2.2~1.6

5.4 粗集料

粗集料应符合JTG/T 3650规定，技术指标除符合表4规定外，还包括但不限于：

- a) 采用质地坚实、均匀洁净、级配合理、粒形良好、吸水率小的碎石；
- b) 氯盐腐蚀严重环境条件下，不应采用抗渗性较差的岩质（如花岗岩、砂岩等）作粗集料；
- c) 应采用二级或多级配，颗粒级配宜采用连续级配或单粒级配，级配范围应符合表 5 规定；
- d) 集料最大粒径应不超过结构最小边尺寸的 1/4 和钢筋最小净距的 3/4；在两层或多层密布钢筋结构中，应不超过钢筋最小净距的 1/2，同时应不超过 75 mm；
- e) 集料最大粒径宜不超过壁厚的 1/3 且应不超过 37.5 mm。氯盐腐蚀环境严重作用下的混凝土，粗集料粒径宜不超过 25 mm（大体积混凝土除外），且应不超过保护层厚度的 2/3；
- f) 泵送混凝土时集料最大粒径应符合表 6 规定；
- g) 混凝土结构物处于表 7 条件时，应对粗集料进行坚固性试验，并符合表 7 规定；
- h) 施工前宜进行碱活性检验，条件许可时不宜采用有碱活性反应的集料，或采取必要的抑制措施。试验方法按 JTG E42 执行。

表4 粗集料技术指标

项目		技术要求		
		I 级	II 级	III级
碎石压碎指标（%）		≤10	≤20	≤30
坚固性（%）		≤5	≤8	≤12
针片状颗粒含量（%）		≤5	≤15	≤25
有害物质	含泥量（%）	≤0.5	≤1.0	≤1.5
	泥块含量（%）	≤0	≤0.5	≤0.7
	有机物含量（%）	合格	合格	合格
	硫化物及硫酸盐	≤0.5	≤1.0	≤1.0
岩石抗压强度（MPa）		≥80（火成岩）；≥60（变质岩）；≥30（水成岩）		
表观密度（kg/m ³ ）		≥2500		
松散堆积密度（kg/m ³ ）		≥1350		
空隙率（%）		≤47		
碱集料反应（%）		经碱集料反应试验后，试件无裂缝、酥裂、胶体外溢等现象，在规定试验龄期的膨胀率应小于 0.10		
注1：I 级宜用于强度等级大于C60的混凝土；II 级宜用于强度等级大于C30～C60或有抗冻、抗渗等其它要求的混凝土；III级宜用于强度等级小于C30的混凝土。				
注2：有高耐久性要求的重要结构，压碎指标应小于10 %；吸水率应小于2 %；针片状颗粒含量（按质量计%）应小于7 %；含泥量应低于0.7 %；坚固性应符合表7要求。				
注3：硫化物及硫酸盐折合SO ₃ 含量均不应超过胶凝材料重的0.5 %。				
注4：硫化物及硫酸盐含量应按SO ₃ 质量计算。				
注5：母岩的抗压强度与混凝土强度等级之比不应小于1.5倍。				

表5 粗集料颗粒级配

级配	公称 粒级 (mm)	累计筛余 (质量百分率%)											
		方孔筛筛孔尺寸 (mm)											
		2.36	4.75	9.50	16.0	19.0	26.5	31.5	37.5	53.0	63.0	75.0	100.0
连续 级配	5~10	95~100	80~100	0~15	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	5~16	95~100	85~100	30~60	0~10	0	-	-	-	-	-	-	-
	5~20	95~100	90~100	40~80	-	0~10	0	-	-	-	-	-	-
	5~25	95~100	90~100	-	30~70	-	0~5	0	-	-	-	-	-
	5~31.5	95~100	90~100	70~90	-	15~45	-	0~5	0	-	-	-	-
	5~40	-	95~100	70~90	-	30~65	-	-	0~5	0	-	-	-
单粒 级配	10~20	-	95~100	85~100	-	0~15	0	-	-	-	-	-	-
	16~31.5	-	95~100	-	85~100	-	-	0~10	0	-	-	-	-
	20~40	-	-	95~100	-	80~100	-	-	0~10	0	-	-	-
	31.5~63	-	-	-	95~100	-	-	75~100	45~75	-	0~10	0	-
	40~80	-	-	-	-	95~100	-	-	70~100	-	30~60	0~10	0

表6 泵送混凝土粗集料最大粒径要求

泵送高度 H (m)	最大粒径与管径比
$40 \leq H < 50$	$\leq 1:3$
$50 \leq H < 100$	$\leq 1:4$
$100 \leq H$	$\leq 1:5$

表7 粗集料坚固性试验

混凝土所处环境条件	在硫酸钠溶液中循环 5 次后质量损失 (%)
寒冷地区，经常处于干湿交替状态	< 5
严寒地区，经常处于干湿交替状态	< 3
混凝土处于干燥条件，但粗集料风化或软弱颗粒过多时	< 12
混凝土处于干燥条件，但有抗疲劳、耐磨、抗冲击要求高或强度大于 C40	< 5
注1：有抗冻、抗渗要求的混凝土用硫酸钠法进行坚固性试验不合格时，应进行冻融试验。	
注2：处于冻融循环下的重要工程混凝土应进行坚固性和抗冻融试验。坚固性试验结果失重率应小于10 %。	

5.5 水

水宜采用饮用水，当采用其它水源时水质应符合表8规定。

表8 水的技术指标

项目	预应力混凝土	钢筋混凝土
PH 值	≥5.0	≥4.5
不溶物 (mg/L)	≤2000	≤2000
可溶物 (mg/L)	≤2000	≤5000
氯化物 (以 Cl ⁻ 计) (mg/L)	≤500	≤1000
硫酸盐 (以 SO ₄ ²⁻ 计) (mg/L)	≤600	≤2000
碱含量 (mg/L)	≤1500	≤1500
注1: 对于设计使用年限为100年的结构混凝土, Cl ⁻ 含量不超过500 mg/L; 对使用钢丝或经热处理钢筋的预应力混凝土, Cl ⁻ 含量不超过350 mg/L。		
注2: 碱含量按Na ₂ O+0.658K ₂ O计算值来表示。采用非碱活性骨料时, 可不检验。		

5.6 掺合料

矿物掺合料主要为粉煤灰、磨细矿渣、硅灰等, 除符合JTG/T 3650规定外, 还包括但不限于:

- a) 运输与存贮中应有明显标志, 不准许与水泥等其它材料混合;
- b) 使用前应按配合比设计确定掺量, 并通过试配验证;
- c) 不准许使用已结硬、结团的掺合料。

5.7 外加剂

外加剂应符合GB 8076规定, 主要性能除符合表9规定外, 还包括但不限于:

- a) 外加剂与水泥、矿物掺合料之间应有良好的相容性;
- b) 每批外加剂使用前应复验, 其效果应与试配时一致; 当材料或混凝土拌合物性能变化时应重新试配;
- c) 钢筋混凝土中需掺入外加剂时:
 - 1) 不应掺用含氯盐的外加剂,
 - 2) 掺引气剂或引气型减水剂时, 含气量宜为 3.5%~5.5%,
 - 3) 搅拌时间宜为 3 min~5 min,
 - 4) 混凝土初凝时间应适应运输和浇筑时间需要,
 - 5) 不准许使用已结硬、结团的外加剂;
- d) 运输和储存过程中应采取防水、防潮措施, 分类储存。

表9 外加剂的性能指标

性能要求		早强剂	高效减水剂	早强减水剂	缓凝高效减水剂	引气减水剂	泵送剂	
减水率 (%)		-	≥15	≥8	≥15	≥12	坍落度增加	>100mm
泌水率 (%)		≤100	≤90	≤95	≤100	≤70	泌水率	≤90mm
含气量 (%)		-	≤4.0	≤3.0	<4.5	>3.0	≤4.5	
凝结时间 ^c (min)	初凝	-90~+90	-90~+120	-90~+90	≥90	-90~+120	坍落度保留	≥150mm (0.5h)
	终凝				-			≥120mm (1h)
抗压强度比 (%)	1d	≥135	≥140	≥140	-	-	-	
	3d	≥130	≥130	≥130	≥125	≥115	≥90	

表9 外加剂的性能指标（续）

性能要求		早强剂	高效减水剂	早强减水剂	缓凝高效减水剂	引气减水剂	泵送剂
抗压强度比 (%)	7d	≥110	≥125	≥115	≥125	≥110	≥90
	28d	≥100	≥120	≥105	≥120	≥100	≥90
28d 收缩率比 (%)		≤120	≤120	≤120	≤120	≤120	≤125
抗冻标号		50	50	50	50	200	50
对钢筋锈蚀作用		对钢筋无锈蚀作用					
注1：减水率、泌水率、凝结时间、抗压强度比、收缩率比等数据为掺外加剂混凝土与基准混凝土差值或比值。 注2：泵送剂基准混凝土坍落度应为80 mm±10 mm，泵送剂性能指标值仅为参考值。 注3：凝结时间“-”表示提前，“+”表示延缓。							

5.8 纤维

混凝土添加纤维应符合JT/T 524规定。

6 防裂混凝土设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 防裂混凝土设计遵循“低胶材、低砂率、低坍落度”原则。
- 6.1.2 混凝土配合比应符合 JGJ 55 与 JTG/T 3650 规定。
- 6.1.3 混凝土试配时应采用与工程中相同原材料，混凝土拌合物性能应满足施工工艺要求，和易性好、凝结速度符合施工需要、不泌水、不离析及坍落度损失小等。
- 6.1.4 宜选用低水胶比、低坍落度的混凝土，坍落度可按表 10 选用。

表10 混凝土浇筑入模时的坍落度

结构类别	振动器振动情况下坍落度（mm）
配筋较密、断面较小的钢筋混凝土结构	50～70
配筋极密、断面高而窄的钢筋混凝土结构	70～90
注1：坍落度未考虑其他外加剂产生的作用。 注2：泵送混凝土的坍落度应符合JTG/T 3650规定。 注3：坍落度宜随混凝土浇筑高度上升而分段变动。 注4：坍落度应根据气温变化调整。	

- 6.1.5 混凝土结构应按 JTG/T 3310 规定进行耐久性设计，还应满足弹性模量和剪切变形模量要求，耐久性应符合表 11 规定。

表11 混凝土结构耐久性的基本要求

环境类别	环境条件	最大水灰比	最小水泥用量（kg/m³）	最低混凝土强度等级	最大氯离子含量（%）	最大碱含量（kg/m³）
I	寒冷地区的大气环境	0.55	275	C25	0.30	3.0
II	严寒地区的大气环境	0.50	300	C30	0.15	3.0

表11 混凝土结构耐久性的基本要求（续）

环境类别	环境条件	最大水灰比	最小水泥用量(kg/m³)	最低混凝土强度等级	最大氯离子含量(%)	最大碱含量(kg/m³)
III	盐湖环境	0.45	300	C35	0.10	3.0
IV	受侵蚀性物质影响的环境	0.40	325	C35	0.10	3.0
注1：Cl ⁻ 含量指其与水泥用量的百分比。						
注2：预应力混凝土构件中Cl ⁻ 含量不超过0.06%，水泥用量不小于350 kg/m³。						

- 6.1.6 掺合料用量应符合 JTG/T 3310 规定，不同强度等级混凝土的最大胶凝材料总量应满足以下要求：
- a) 大体积混凝土宜不大于 350 kg/m³；
 - b) C40 及以下混凝土宜不大于 400 kg/m³；
 - c) C40~C45 混凝土宜不大于 450 kg/m³；
 - d) C50 混凝土宜不大于 480 kg/m³；
 - e) C60 混凝土宜不大于 500 kg/m³（非泵送混凝土）和 530 kg/m³（泵送混凝土）。
- 6.1.7 粉煤灰掺量宜不大于胶凝材料 20 %。
- 6.1.8 混凝土的碱含量除应符合 JTG/T 3650 规定外，包括但不限于：
- a) 混凝土碱含量不宜大于 1.8 kg/m³（包括外加剂、掺合料中的碱含量）；
 - b) 当混凝土处于水环境或潮湿环境时，混凝土中的碱含量（以当量氧化钠计）宜不大于 1.0 kg/m³；
 - c) 处于严重侵蚀的环境（受侵蚀性物质影响的环境或使用除冰盐或咸水湖环境）时，宜使用非碱活性集料，且不宜单独采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥作为胶凝材料，应采用大掺量的掺合料，并加入少量的硅灰。
- 6.1.9 通过设计和试配确定配合比。
- 6.2 混凝土抗裂要求
- 6.2.1 混凝土宜降低水胶比，含气量宜不大于 5 %；抗渗、抗冻、阻裂混凝土的纤维掺量应不大于 1.3 kg/m³。
- 6.2.2 控制混凝土收缩开裂，宜掺加减水剂、减缩剂、膨胀剂和内养护剂等外加剂，收缩开裂性能试验按 JTG 3420 执行。
- 6.2.3 改善混凝土收缩性能，宜掺加矿渣粉、粉煤灰和硅灰等矿物掺合料，掺量由试验确定。
- 6.2.4 可通过设置防裂钢筋网以增强混凝土表面抗裂能力；防裂钢筋网应挂在墩身外层箍筋上，净保护层不小于 3 cm，钢筋网接头应采用搭接方式，长度不小于一个网眼尺寸。
- 7 防裂混凝土施工
- 7.1 拌和
- 7.1.1 混凝土拌和站生产率与施工要求相匹配，拌和配料采用自动计量装置，且精度应符合误差控制要求。
- 7.1.2 计量器具应定期检定，配料允许偏差（以质量计）应符合表 12 规定。

表12 配料允许偏差

材料类别	允许偏差 (%)
水泥、掺合料	±1
粗、细集料	±2
水、外加剂	±1
注1：骨料的含水率应经常进行检测，雨天施工应增加检测次数。	
注2：每一工作班正式称量前，应对计量设备进行重点校核。	

7.1.3 混凝土拌合物坍落度、流动度、扩展度在搅拌点和浇筑点分别取样检测，每一工作班或每一单元结构物不少于 2 次，评定时应以浇筑点的检测值为准。当混凝土拌合物从搅拌机出料至浇筑入模的时间不超过 15 min 时，可在搅拌地点取样检测。

7.1.4 低温施工时混凝土拌和温度应符合 JTG/T 3650 规定。

7.2 运输

7.2.1 混凝土运输应符合 JTG/T 3650 规定，运输过程中不准许出现离析、漏浆、严重泌水及坍落度损失超过要求等现象。

7.2.2 混凝土运输时间应符合表 13 规定。

表13 混凝土运输时间

气温 T (°C)	搅拌设施运输时间 (min)
$20 \leq T < 35$	≤ 60
$10 \leq T < 20$	≤ 75
$5 \leq T < 10$	≤ 90
注：掺用外加剂或采用快硬水泥拌制混凝土时，应通过试验查明所配制混凝土的凝结时间后确定运输时间。	

7.2.3 低温施工时输送泵（包括管道、料斗）、搅拌运输车储料罐应采取保温措施，并搭设保温停车棚以便待料保温。

7.3 浇筑

7.3.1 混凝土应按一定厚度、顺序和方向分层浇筑，应在下层混凝土初凝或能重塑前浇筑完成上层。

7.3.2 倾斜面上浇筑混凝土时，应从低处开始逐层扩展升高，保持水平分层。混凝土分层浇筑厚度应符合表 14 规定。

表14 混凝土分层浇筑厚度

捣实方法	浇筑层厚度 (mm)
插入式振动器	≤ 300
附着式振动器	≤ 300
注：浇筑层厚度可根据结构物和振动器功率等情况适当调整。	

7.3.3 自高处向模板内倾卸混凝土时，应符合下列规定：

- a) 从高处直接倾卸时，在不发生离析的情况下，其自由倾落高度宜不超过 2 m；

- b) 当倾卸不满足 a) 时, 应通过串筒、溜管或振动溜管等设施下落; 倾落高度超过 10 m 时, 应设置减速装置;
 - c) 串筒出料口下方混凝土堆积高度宜不超过 1 m, 且不准许采用振动棒分摊混凝土。
- 7.3.4 大体积混凝土浇筑时应在结构物内部设置冷却管等冷却设施和外围采取保温措施, 应通过调节冷却管进水流量及水温, 控制进水温度与混凝土最高温度之差, 温差宜为 15 %~25 %; 出水温度与进水温度之差宜为 3 %~6 %, 入模温度不低于 5 ℃。
- 7.3.5 混凝土振捣符合下列规定:
- a) 使用插入式振动器时, 移动间距应不超过振动器作用半径的 1.5 倍; 与侧模应保持 50 mm~100 mm 的距离; 插入下层混凝土 50 mm~100 mm; 每一处振动完毕后应边振动边徐徐提出振动棒, 应避免振动棒碰撞模板、钢筋及其他预埋件;
 - b) 附着式振动器的布置距离, 应根据构造物形状及振动器性能等通过试验确定;
 - c) 对每一振动部位, 应振动到该部位混凝土密实为止, 即混凝土停止下沉, 不再冒泡, 表面呈现平坦、泛浆, 做到不过振、不漏振。
- 7.3.6 混凝土的拌和、运输、浇筑及间歇时间符合表 15 规定。当超过允许时间时, 应按浇筑中断处理, 同时预留施工缝, 并做好记录。

表15 混凝土的拌和、运输、浇筑及间歇的允许时间

混凝土强度等级	允许时间 (min)	
	气温不高于 25℃	气温高于 25℃
≤C30	≤180	≤150
>C30	≤240	≤210
注: 当混凝土中掺有促凝或缓凝剂时, 其允许时间应根据试验确定; 混凝土全部时间是指从加水搅拌至振捣结束的用时。		

- 7.3.7 浇筑混凝土期间, 应设专人检查支架、模板、钢筋和预埋件等稳固情况, 当发现有松动、变形、移位时, 应及时处理。
- 7.3.8 混凝土强度满足要求时方可拆除模板。
- 7.4 养护
- 7.4.1 应根据环境条件、结构类型及尺寸、水泥品种、掺和料、外加剂以及对混凝土性能的要求, 确定养护方案。
- 7.4.2 混凝土拆模后应采取养护措施避免混凝土表面水分过快蒸发。
- 7.4.3 养生时不应采用冷水直接喷洒混凝土表面。墩身实体段保湿养生期应不少于 14 d, 其它部位不少于 7 d。
- 7.4.4 结构物混凝土与流动性的地表水或地下水接触时, 应采取防冲刷措施, 保证混凝土在强度达到 50 %以上, 养护不少于 7 d 时, 不受水流冲刷侵袭。水环境具有侵蚀作用时, 应保证强度达到设计强度的 70 %以上, 不受水的侵袭。与氯盐、咸湖水等具有严重侵蚀作用的水环境接触的混凝土, 养护龄期宜不少于 28 d。
- 7.4.5 寒冷天气或昼夜温差较大时, 浇筑的混凝土除应对其外部加强覆盖保温外, 宜延长养护时间。
- 7.4.6 混凝土养护期间应注意采取保湿、保温措施, 混凝土内部与表面温度差不超过 25 ℃, 混凝土表面与环境温差不超过 20 ℃。